

SINTESIS BAHAN BAKAR PADAT BERBAHAN BAKU RESIDU (CHAR) HASIL PIROLISIS LIMBAH PLASTIK

Selpiana Selpiana^{*1}, RR Yunita Bayu Ningsih², Rizka Wulandari Putri¹, M. Daffa Umar Syauqi¹, Nur Hidayatullah¹

¹Teknik Kimia Universitas Sriwijaya

²Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya

Jalan Palembang-Prabumulih KM. 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia 30662

Correspondence: selpiana@ft.unsri.ac.id

Diterima: 15 April 2021; Direvisi: 16 April 2021 – 24 Juni 2021; Disetujui: 27 Juni 2021

Abstrak

Penggunaan produk berbahan plastik memiliki banyak keunggulan yaitu ringan, kuat dan kedap air. Keunggulan plastik ini menyebabkan semakin meningkatnya penggunaan plastik di masyarakat. Plastik memiliki sifat *non biodegradable* yang menyebabkan penumpukan limbah plastik. Hal tersebut menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan bagi makhluk hidup. Beberapa jenis plastik bersifat termoplastik sehingga dapat berubah sifat jika dipengaruhi oleh temperatur. Sifat ini menjadi dasar bahwa plastik dapat mengalami perubahan sifat baik secara fisika maupun kimia melalui proses pirolisis. Konversi limbah Plastik melalui proses pirolisis dapat merubah wujud plastik menjadi fase liquid, gas dan padat (residu). Pesidu (char) dari hasil proses pirolisis limbah plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis Bahan Bakar Padat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi ukuran partikel (50 dan 150 mesh) dan variasi perekat (damar: turpentine, minyak jelantah: oli bekas). Rasio damar: turpentine (30:70, 40:60, 50:50, 60:40, dan 70:30) dan rasio minyak jelantah: oli bekas (100:0, 0:100 dan 50:50). Sampel dikarakterisasi menggunakan analisa proksimat. Hasil analisa sampel yang memenuhi standar Bahan Bakar Padat berdasarkan SNI, nilai kalor optimum 7.843,7 cal/g diperoleh dari sampel dengan ukuran 150 mesh dan perekat oli bekas.

Kata kunci: limbah plastik, Bahan Bakar Padat, Residu (Char), analisa proksimat, Nilai Kalor

Abstract

The use of plastic products has many advantages, namely lightness, strength, and water resistance. The advantages of this plastic cause the increasing use of plastic in society. Plastics have non biodegradable properties that cause plastic waste to accumulate. This causes negative impacts on the environment and the health of living things. Plastics are thermoplastic so they can change properties when influenced by temperature. This property is the basis that plastic can change its properties both physically and chemically through the pyrolysis process. Plastics can change form into liquid, gas, and solid (residue) phases. Utilization of residue (char) from the pyrolysis process of plastic waste can be used as raw material for solid fuel synthesis. The independent variables in this study were variations in particle size (50 and 150 mesh) and variations of adhesives (resin: turpentine, used oil: used cooking oil. Ratio of resin: turpentine (30:70, 40:60, 50:50, 60:40), and 70:30) and the ratio of used oil: used cooking oil (100: 0, 0: 100 and 50:50). The sample was characterized using proximate analysis. The results of the sample analysis met the Solid Fuel standard based on SNI. The optimum calorific value was 7,843.7 cal/g obtained from a sample with a size of 150 mesh and used oil adhesive.

Keywords: Plastic waste, Solid Fuels, Residue (Char), proximate analysis, Calorific Value

PENDAHULUAN

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termokimia pada suatu material menggunakan suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Proses pirolisis berada pada rentang suhu 200-1000°C (Saptoadi, H, 2016). Ketika komponen pada plastik yang tidak stabil secara termal, maka *volatile matters* pada plastik akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya (Kyaw, K.T dkk, 2015). Produk cair yang menguap mengandung tar dan *polyaromatic hydrocarbon*. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas (H_2 , CO , CO_2 , H_2O , dan CH_4), tar (*pyrolytic oil*), dan arang (*char*). Plastik merupakan polimer yang berat molekulnya tidak bisa ditentukan sehingga kecepatan reaksi dekomposisi berdasarkan fraksi massa per satuan waktu. Produk pirolisis dipengaruhi oleh suhu waktu, dan laju pemanasan (Wicaksono, M.A. dan Arijanto, 2017).

Proses pengolahan limbah plastik memiliki beragam proses, salah satunya yang banyak diaplikasikan adalah pirolisis. Pirolisis adalah sebuah dekomposisi kimia dan dekomposisi termal dari molekul pada kondisi tanpa oksigen. Proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar cair dapat dilakukan melalui proses *cracking*. Proses *cracking* akan memutus ikatan-ikatan polimer yang terdapat di dalam plastik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Degradasi plastik mengarah pada pembentukan gas, cairan, dan residu (Selpiana *et al*, 2019).

Secara umum, hasil dari proses pirolisis membentuk bahan bakar cair sebesar 93%, gas sebesar 4%, dan *char* sebesar 3%. *Char* yang dihasilkan sebagian besar mengandung karbon dan oksigen masing-masing sebesar 96,61% dan 3,39% dari berat (Gao, 2010). *Char* hasil pirolisis limbah plastik jenis polistirena mengandung karbon sebesar 81-91%, hidrogen 8-15%, nitrogen 0,01%, dan sulfur sebesar 0,01% dari berat total. Nilai kalor yang dihasilkan dari *char* pirolisis polistirena sebesar 4.950 cal/g (Lopez, 2010).

Char sebagian besar terdiri dari karbon dan sedikit mineral akan menghasilkan *ash*. *Ash* pada *char* tidak dapat dikurangi karena *ash* merupakan mineral yang tidak terbakar pada proses pembakaran. *Char* juga mengandung *inherent moisture*, sehingga untuk meningkatkan kualitas Bahan Bakar Padat adalah dengan meminimalkan kandungan *inherent moisture*. *Inherent moisture* dapat mengurangi nilai kalor karena kalor pembakaran Bahan Bakar Padat digunakan untuk menguapkan *inherent moisture* terlebih dahulu. Pada umumnya kualitas *char* yang terbentuk tidak tinggi ketika digunakan kembali sebagai bahan baku, kecuali dilakukan peningkatan kualitas pada *char* tersebut seperti diolah menjadi Bahan Bakar Padat (Bernardo dkk, 2010).

Char hasil pirolisis terdapat di dalam reaktor ketika proses pirolisis berakhir. Karakteristik *char* yang dihasilkan pada proses pirolisis plastik sebagian besar mengandung unsur karbon yang dapat dijadikan sebagai Bahan Bakar Padat. Karakterisasi Bahan Bakar Padat dapat menggunakan analisa proksimat dan analisa ultimat. Analisa proksimat meliputi *ash content*, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan *inherent moisture*, sementara itu analisa ultimat meliputi kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, dan sulfur.

Beberapa penelitian yang memanfaatkan *char* sebagai bahan baku untuk pembuatan Bahan Bakar Padat yaitu Jamradloedluka dan Lertsatitthanakornb (2014), menggunakan bahan baku *char* yang berasal dari pirolisis plastik *High Density Polyethylene* (HDPE). Karakterisasi *char* hasil pirolisis hampir mirip dengan batubara kualitas lignit. Proses pembuatan Bahan Bakar Padat pada penelitian ini tanpa menggunakan perekat. Diperoleh nilai kalor optimum sebesar 4500 cal/g.

Penelitian yang dilakukan oleh Sutoyo dan Rosyidi (2014), *char* yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik berjenis *polyethylene*, *polypropylen*, dan *polystyrene* juga tanpa menggunakan

perekat menghasilkan nilai kalor sebesar 3500-7500 cal/g.

Penelitian yang dilakukan oleh Selpiana (2016), berbahan baku biomassa yaitu dari cangkang biji karet dengan menggunakan perekat damar dan LDPE. Variabel bebas yaitu perbedaan ukuran serbuk arang dan rasio bahan baku (arang cangkang biji karet : perekat damar : LDPE) Didapatkan nilai kalor optimum 7.343 cal/g pada.

Umumnya sintesis Bahan Bakar Padat menggunakan bahan baku biomassa melalui proses karbonisasi. Pada penelitian residu (char) hasil proses pirolisis limbah plastik dimanfaatkan sebagai bahan baku. Char merupakan fraksi berat dan limbah yang biasanya tidak terpakai lagi. Konversi limbah plastik menjadi bahan bakar telah melalui proses pirolisis dengan menggunakan suhu antara 300-500 °C, karena itu char langsung dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku tanpa melalui proses karbonisasi lagi. Pada penelitian ini membandingkan beberapa jenis perekat yaitu damar dengan pelarut turpentine, minyak jelantah dan oli bekas, serta kombinasi variasi ukuran partikel bahan baku. Hasil sintesis Bahan Bakar Padat dikarakterisasi menggunakan analisa proksimat.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *char* hasil pirolisis limbah plastik jenis polistirena, perekat getah damar kucing (JBN Bandar Lampung), pelarut turpentine (Artemedia Jakarta), minyak jelantah diperoleh dari penjual gorengan sekitar Indralaya begitu juga dengan oli bekas didapat dari bengkel wilayah kota Indralaya.

Peralatan

Peralatan untuk sintesis Bahan Bakar Padat ini adalah peralatan terintegrasi konversi limbah plastik menjadi bahan bakar, *oven*, *mortar*, *sieve* dan *mold*.

Metode

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yang pertama adalah persiapan bahan baku. *Char* dihaluskan dengan menggunakan mortar dan homogenisasi ukuran partikel 50 mesh dan 150 mesh dengan menggunakan ayakan.

Tahap kedua adalah persiapan perekat. Perekat pertama adalah getah damar mata kucing. Getah damar dihaluskan dan diayak dengan ukuran 20 mesh. Damar dilarutkan dengan turpentine dengan rasio damar : turpentine adalah 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30. Campuran damar dan turpentine diaduk dengan kecepatan konstan hingga terbentuk larutan yang pekat (berubah menjadi kental), volume perekat per sampel 10 mL.

Perekat yang kedua adalah minyak jelantah dan oli bekas. Minyak jelantah dan oli bekas dibersihkan dari kotoran dengan cara disaring. Siapkan minyak jelantah dan oli bekas sebanyak 5 mL untuk setiap sampel. Rasio minyak jelantah : oli bekas adalah 100 : 0, 50 : 50 dan 0 : 100.

Tahap ketiga adalah sintesis Bahan Bakar Padat, *char* yang telah dihomogenisasi ditimbang seberat 20 g, *Char* dicampurkan dengan perekat dan diaduk sampai menjadi *slurry*. Bahan yang telah dicampur kemudian dicetak menggunakan alat pencetak Bahan Bakar Padat. Sampel dikeringkan di *oven* selama 3 jam dengan temperatur 100 °C, sampel siap dianalisa.

Tabel 1. Matriks Penelitian Sintesis Bahan Bakar Padat Menggunakan Perekat Damar : Turpentine

Rasio Damar : Turpentine	Ukuran Partikel	
	50 mesh	150 mesh
30:70	A	F
40:60	B	G
50:50	C	G
60:40	D	I
70:30	E	J

Tabel 2. Matriks Penelitian Sintesis Bahan Bakar Padat Menggunakan Perakat Minyak Jelantah : Oli Bekas

Rasio Minyak jelantah : Oli bekas	Ukuran Partikel	
	50 mesh	150 mesh
Minyak jelantah : Oli bekas (100:0)	P	S
Minyak jelantah : Oli bekas (0:100)	Q	T
Minyak jelantah : Oli bekas (50:50)	R	U

Pengujian karakterisasi Bahan Bakar Padat menggunakan analisa proksimat dilakukan di Laboratorium UPT Geologi dan Dinas Energi Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Selatan.

Tabel 3. Standar Metode Pengujian

Analisa	Standar Pengujian
<i>Inherent Moisture</i> (IM)	ASTM D.3173M-17A
<i>Ash</i>	ASTM D.3174-12
<i>Volatile Matter</i> (VM)	ISO-562: 2010 (E)
<i>Fixed Carbon</i> (FC)	ASTM D.3172-02 (11)
<i>Calor Value</i> (CV)	ASTM D.5865-13

HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar Bahan Bakar Padat mengacu pada Badan Standar Nasional Indonesia yaitu SNI 01-6253-2000 yaitu ditinjau batas nilai maksimum dan minimum hasil karakterisasi Bahan Bakar Padat. Tujuannya agar dapat dilihat kelayakan Bahan Bakar Padat dari *char* pirolisis polistirena.

Tabel 4. Standar Bahan Bakar Padat (SNI 01-6235-2000)

Analisa Proksimat (% adb)				CV (Cal/g)
IM	Ash	VM	FC	
Max 8%	Max 8%	Max 15%	Min 64%	Min 5000

Tabel 5. Hasil Analisa *Char* Awal (Sebelum ditambah Perakat)

Analisa Proksimat(% adb)				CV (Cal/g)
IM	Ash	VM	FC	
1,39	54,9	16,35	27,36	3875

Tabel 6. Hasil Analisa *Char* dengan Penambahan Perakat Damar dan Turpentine

Kode	Analisa Proksimat (% adb)				CV (Cal/g)
	IM	Ash	VM	FC	
A	2,57	29,39	22,24	45,80	5308
B	2,86	31,98	25,43	39,73	5163
C	3,13	27,36	19,77	49,74	5412
D	2,98	26,57	33,50	36,95	5435
E	1,91	29,56	34,78	33,75	5543
F	1,56	24,65	20,56	53,23	5812
G	1,42	24,97	22,75	50,86	5733
H	1,64	26,31	26,16	45,89	5471
I	1,21	23,81	28,55	46,43	5692
J	1,33	22,39	31,54	44,74	5849

Tabel 7. Hasil Analisa *Char* dengan Penambahan Perakat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

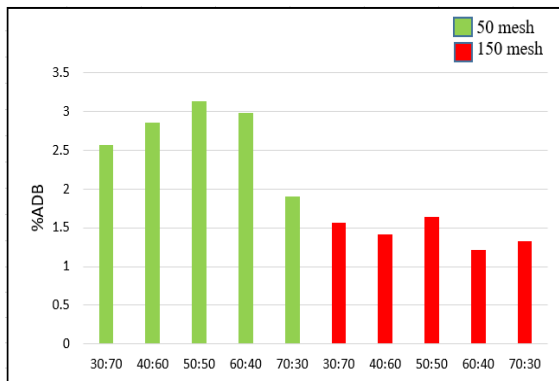
Kode	Analisa Proksimat(% adb)				CV (Cal/g)
	IM	Ash	VM	FC	
P	6.11	1.89	17.35	74.65	7143
Q	5.76	4.65	16.65	72.94	7571
R	5.36	8.81	16.34	69.49	6873
S	5.25	6.99	16.67	71.08	7679
T	7.32	0.93	20.09	67.67	7059
U	5.99	3.13	18.83	72.06	7844

Hasil Uji Inherent Moisture (IM)

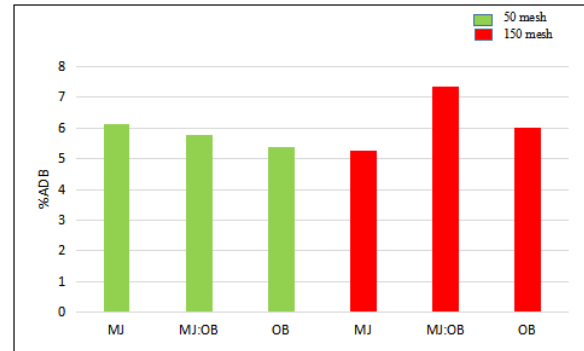
Inherent Moisture adalah kandungan air yang terkandung didalam Bahan Bakar Padat yang berukuran mikroskopik. *Inherent Moisture* secara spesifik terdapat dalam struktur pori internal Bahan Bakar Padat dan mempunyai tekanan uap lebih rendah dari tekanan uap normal. *Inherent Moisture* berbeda dengan *Free Moisture*. *Free Moisture* atau *Surface Moisture* adalah penambahan kadar air yang biasanya berasal ketika proses pembuatan atau penyimpanan yang tercampur dengan uap air (Maris, G.Y. 2019). *Inherent moisture* dianggap sebagai karakteristik dasar Bahan Bakar Padat karena *inherent moisture* berhubungan dengan nilai kalor.

Semakin tinggi *inherent moisture* pada Bahan Bakar Padat maka nilai kalor Bahan Bakar Padat akan menurun. Penurunan nilai kalor pada Bahan Bakar Padat disebabkan karena panas yang dilepaskan akan menguapkan air terlebih dahulu sehingga kualitas Bahan Bakar Padat menjadi rendah (Jaya D, 2017). *Inherent moisture* juga berpengaruh terhadap pengurangan kadar *volatile matter* dan *fixed carbon*.

Pengujian *inherent moisture* merupakan pengujian yang dilakukan sebelum pengujian *volatile matter* dan *ash* karena pengujian *inherent moisture* menggunakan temperatur yang sangat rendah. Sampel pada saat pengujian *moisture* di laboratorium akan mengalami penurunan massa karena kehilangan kadar *inherent moisture* setelah pemanasan di dalam oven atau furnace. Basis analisa adalah *air dried basis* (adb) menunjukkan data *surface moisture* tidak dihitung karena sampel sudah melalui proses pengeringan (Nursani, R., dkk. 2020). Perbandingan kandungan *inherent moisture* dari berbagai perekat dapat dilihat pada gambar 1 dan .2 sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil Uji *Inherent Moisture* menggunakan Perekat Damar dan Turpentine



Gambar 2. Hasil Uji *Inherent Moisture* menggunakan Perekat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

Berdasarkan SNI, karakteristik Bahan Bakar Padat yang baik salah satunya adalah *Inherent moisture* tidak lebih dari 8 % adb. Pada gambar 1 dan 2, kandungan *inherent moisture* pada semua sampel di bawah 8 %. Hal ini menandakan bahwa pembakaran Bahan Bakar Padat ini akan menghasilkan panas yang baik.

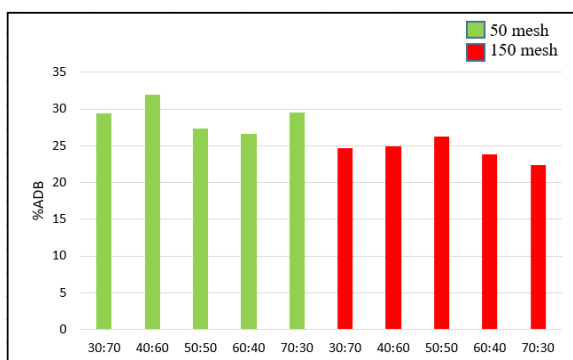
Inherent moisture awal sebelum proses adalah 1,39 % adb, namun setelah penambahan perekat hampir keseluruhan sampel mengalami kenaikan *inherent moisture* namun tidak melebihi batas maksimum (8 % adb). Dari gambar 1, dengan penambahan perekat damar sampel cenderung mengalami peningkatan *inherent moisture*, namun untuk ukuran partikel kecil 150 mesh nilai *inherent moisture* mengalami penurunan. Ukuran partikel *char* yang kecil memiliki luas permukaan kontak terhadap udara pengering semakin besar dan semakin cepat terjadinya transfer massa (Heny, A.M., dkk, 2018), sehingga semakin kecil ukuran partikel maka kandungan *moisture* pada Bahan Bakar Padat akan semakin rendah.

Pada gambar 2, sampel menggunakan perekat minyak jelantah dan oli bekas kandungan *inherent moisture* cenderung meningkat untuk ukuran partikel kecil. Peningkatan *inherent moisture* berasal dari minyak jelantah dan oli bekas yang digunakan (Kumar, 2018). Minyak jelantah dan oli bekas mengalami kenaikan kadar *moisture* seiring penggunaan karena

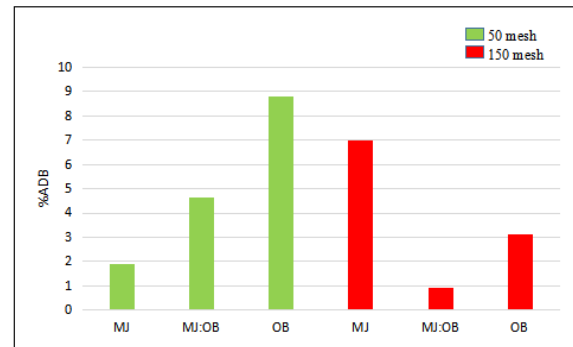
perubahan sifat akibat pengaruh dari luar ketika pemakaian (Putri, 2020). Bahan Bakar Padat yang memiliki ukuran lebih kecil akan menyebabkan peningkatan *moisture* karena semakin banyak perekat yang teradsorpsi ke dalam pori-pori Bahan Bakar Padat.

Hasil Uji Ash

Ash merupakan material yang tersisa dan tidak terbakar ketika Bahan Bakar Padat telah terbakar sempurna. Ash pada Bahan Bakar Padat ditentukan berdasarkan kehilangan berat setelah pembakaran dengan syarat titik akhir pembakaran dihentikan sebelum terjadi dekomposisi dari abu. Semakin besar ash maka semakin kecil *calorific value*, karena diperlukan kalori yang tinggi untuk membakar pengotor dalam Bahan Bakar Padat dan sebaliknya semakin besar kandungan ash maka akan semakin turun *calorific value*. Penentuan ash berkaitan dengan mineral yang terkandung pada suatu bahan karena ash disebabkan kandungan mineral yang tidak terbakar (Faizal dkk, 2016) Mineral pada Bahan Bakar Padat merupakan senyawa anorganik atau *mineral matter*. Mineral dapat hilang pada saat proses pembakaran. Perbandingan ash yang terdapat pada sampel Bahan Bakar Padat dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hasil Uji Ash menggunakan Perekat Damar dan Turpentine



Gambar 4. Hasil Uji Ash menggunakan Perekat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

Pada gambar 3 dan 4, hasil uji ash pada semua sampel mengalami penurunan. Hasil uji ash pada *char* sebelum proses 54,9 % adb. Kandungan ash yang tinggi diduga berasal dari senyawa-senyawa yang terdapat pada bahan baku yang berasal dari residu (*char*) limbah plastik hasil pirolisis. Residu merupakan hasil pirolisis yang telah bergabung kembali menjadi fraksi berat

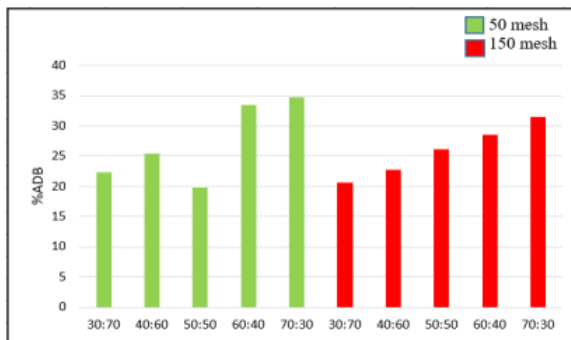
Pada gambar 3, sampel yang telah diproses dengan penambahan perekat damar, hasil uji ash menurun pada rentang 22,39 % adb sampai dengan 29,39 % adb meskipun belum masuk standar SNI yaitu ash maksimum 8 % adb. Kandungan ash menurun disebabkan karena getah damar mengandung bahan organik yang terbakar saat proses pembakaran (Jahiding, 2014).

Dari gambar 4, setelah diproses dengan perekat minyak jelantah dan oli bekas diperoleh hasil uji ash pada ukuran partikel 150 mesh untuk semua sampel masuk standar SNI (maks 8 % adb). Sedangkan perekat minyak jelantah dan variasi kombinasi minyak jelantah dan oli bekas masuk standar nilai ash SNI. Perekat minyak jelantah dan oli bekas yang ditambahkan pada sampel tidak banyak mengandung mineral dan logam-logam yang tidak terdekomposisi dalam pembakaran. Selain itu, ukuran partikel terhadap penambahan perekat oli bekas dan minyak jelantah mempengaruhi kadar ash pada Bahan Bakar Padat. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin banyak ash yang teradsorpsi oleh perekat karena besarnya luas kontak

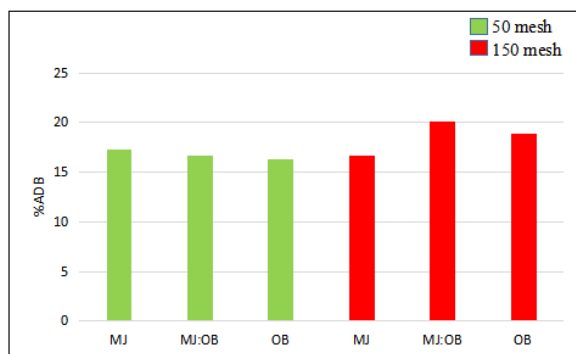
antara *char* dan perekat, sehingga *ash* yang dihasilkan oleh Bahan Bakar Padat menurun. Rendahnya nilai *ash* maka kualitas Bahan Bakar Padat akan meningkat.

Hasil Uji *Volatile Matter*

Volatile matter adalah zat yang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrokarbon rantai pendek dan rantai panjang. Char pirolisis polistirena sebagian besar mengandung stirena sebagai *volatile matter*. Berikut adalah gambar hasil uji *volatile matter* Bahan Bakar Padat.



Gambar 5. Hasil Uji Volatile Matter menggunakan perekat Damar dan Turpentine



Gambar 6. Hasil Uji Volatile Matter menggunakan Perekat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

Berdasarkan gambar 5 dan 6, hasil uji volatile matter yang menggunakan perekat damar dan turpentine, minyak jelantah dan oli bekas

melebihi batas maksimum SNI (15%) dan hasil uji volatile matter sampel sebelum ditambahkan perekat (16,35%). Dibandingkan dengan perekat damar uji *volatile matter* dengan perekat minyak jelantah dan oli bekas masih mendekati kualitas SNI dibawah 20%.

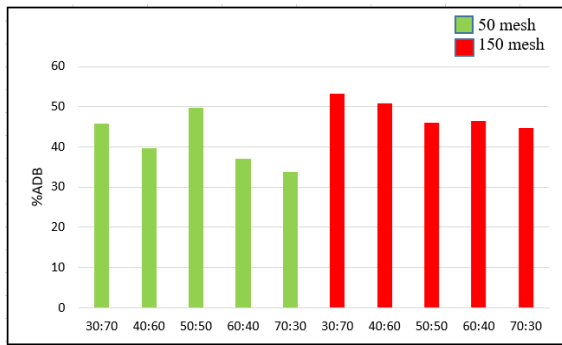
Perekat dengan rasio damar tinggi dapat meningkatkan kandungan *volatile matter*, dikarenakan zat-zat organik yang terdapat dalam getah damar terurai saat pengovenan (Napitupulu, R. 2020).

Temperatur pirolisis yang tinggi dapat menurunkan kandungan *volatile matter* karena menguapkan unsur volatile yang terdiri dari gas-gas yang bersifat *combustible* seperti metana, karbon monoksida maupun sebagian kecil uap berupa tar.

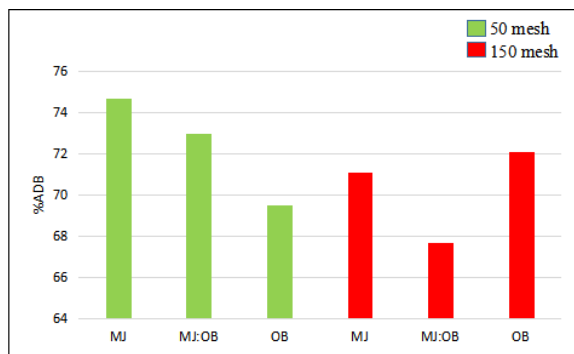
Hasil Uji *Fixed Carbon*

Fixed Carbon adalah parameter pada analisa proksimat yang ditentukan setelah penghilangan nilai *moisture*, *ash* dan *volatile matter* pada Bahan Bakar Padat. *Fixed carbon* menunjukkan banyaknya kandungan unsur karbon yang tertambat dalam Bahan Bakar Padat. *Fixed carbon* merupakan karbon yang tidak menguap ketika proses pengujian kandungan *volatile matter*, sedangkan karbon yang menguap termasuk kedalam *volatile matter* (Mulyono dkk, 2012).

Fixed carbon pada Bahan Bakar Padat didapat dengan cara menghitung nilai 100% dikurang terhadap kadar *moisture*, *ash* dan *volatile matter*. Semakin tinggi kandungan *moisture*, *ash* dan *volatile matter* pada Bahan Bakar Padat, maka kandungan *fixed carbon* akan semakin rendah dan kualitas dari Bahan Bakar Padat tersebut akan menurun. Perbandingan kandungan *fixed carbon* untuk setiap sampel dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil Uji Fixed Carbon menggunakan perekat Damar dan Turpentine



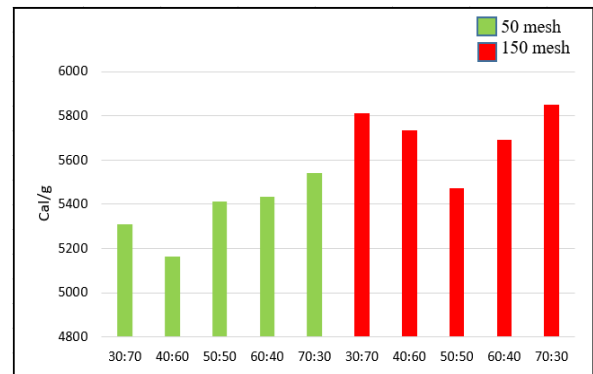
Gambar 8. Hasil Uji Fixed Carbon menggunakan Perekat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

Dari gambar 7 dan gambar 8, *fixed carbon* lebih dominan dipengaruhi oleh jenis perekat. Kandungan *fixed carbon* untuk sampel dengan perekat damar kurang dari batas minimum SNI yaitu 64% adb. Sedangkan untuk sampel dengan *Fixed carbon* yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar *inherent moisture*, kadar abu dan kadar *volatile matter* yang dihasilkan oleh masing-masing sampel. Kadar *fixed carbon* berbanding terbalik dengan kadar *inherent moisture*, kadar abu, dan kadar zat terbang karena semakin tinggi ketiga nilai tersebut maka nilai *fixed carbon* akan semakin rendah. Sebaliknya nilai *fixed carbon* akan mencapai titik maksimum ketika kadar *inherent moisture*, kadar abu dan kadar *volatile matter* mencapai titik minimum. Kandungan *fixed carbon* yang tinggi mempengaruhi lama waktu nyala Bahan Bakar Padat, semakin tinggi kandungan

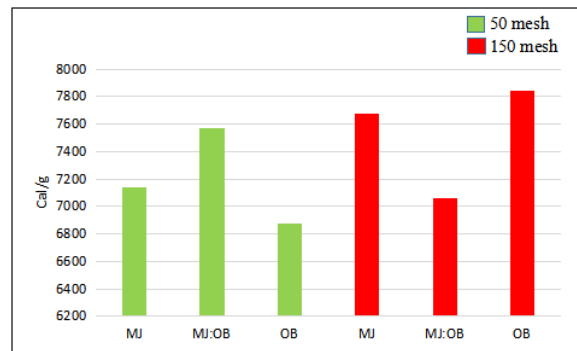
Fixed Carbon, semakin lama nyala yang dihasilkan.

Hasil Uji Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter yang penting pada Bahan Bakar Padat baik itu batubara maupun Bahan Bakar Padat. Analisa proksimat secara langsung mempengaruhi nilai kalor setiap Bahan Bakar Padat, semakin tinggi kandungan IM, dan *ash* maka semakin rendah nilai kalor, dan sebaliknya. Kandungan *fixed carbon* berbanding lurus dengan nilai kalor, semakin tinggi kadar *fixed carbon* pada Bahan Bakar Padat, maka nilai kalor yang dilepaskan akan semakin tinggi. *Volatile matter* yang tinggi akan menyebabkan waktu nyala yang singkat pada bahan bakar. Perbandingan nilai kalor tiap sampel dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 berikut:



Gambar 9. Hasil Uji Nilai Kalor menggunakan perekat Damar dan Turpentine



Gambar 10. Hasil Uji Nilai Kalor menggunakan Perekat Minyak Jelantah dan Oli Bekas

Pada gambar 9 dan 10 menunjukkan peningkatan nilai kalor pada tiap sampel. Nilai kalor yang dihasilkan oleh sampel dengan perekat minyak jelantah dan oli bekas, lebih tinggi dibandingkan nilai kalor yang dihasilkan oleh perekat damar.

Sampel dengan ukuran partikel kecil memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibanding sampel dengan ukuran partikel besar. Semakin kecil ukuran partikel, maka perekat yang teradsorpsi akan semakin banyak. Pada gambar 9 terlihat bahwa semakin tinggi rasio getah damar, semakin tinggi nilai kalornya.

Pada gambar 10, Nilai kalor optimum didapatkan pada sampel T dengan ukuran partikel 150 mesh dengan perekat oli bekas 100%.

Berdasarkan analisis nilai kalor mengacu pada SNI, *char* pirolisis polistirena termasuk dalam *rank* batubara jenis *Bituminus* dengan hasil nilai kalor 6000-7500 kcal/kg dan jenis *Sub-Bituminus* dengan nilai kalor 5000-6000 kcal/kg.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi Bahan Bakar Padat, residu (*char*) hasil dari proses pirolisis limbah plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis Bahan Bakar Padat.

Penambahan damar dengan pelarut turpentine, minyak jelantah dan oli bekas dapat digunakan sebagai perekat dan mampu meningkatkan kualitas Bahan Bakar Padat yang ditandai melalui analisa proksimat dan nilai kalor.

Bahan Bakar Padat yang dihasilkan dengan perekat minyak jelantah dan oli bekas menghasilkan Bahan Bakar Padat seperti batubara jenis *Bituminus* dengan hasil nilai kalor 6000-7500 kcal/kg dan jenis *Sub-Bituminus* dengan nilai kalor 5000-6000 kcal/kg dihasilkan dengan menggunakan perekat damar dan turpentine. Variasi perekat minyak jelantah dan oli bekas menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan perekat damar dan turpentine.

Semakin kecil ukuran partikel *char*, dapat meningkatkan jumlah perekat yang teradsorpsi dengan indikasi penurunan kandungan *inherent moisture*, *ash* dan *volatile matter*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021 No SP DIPA 023.17.2.675515/2021, tanggal 23 November 2020 sesuai dengan SK Rektor 0007/UN9/SK.LP2M.PT/2021 tanggal 27 April 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernardo, M., Lapa, N., Gonçalves, M., Barbosa, R., 2010. *Toxicity of Char Residues Produced in The Co-Pyrolysis of Different Wastes. Waste Management*. 30: 628–635
- Gao, F. 2010. *Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels. Thesis. Chemical and Process Engineering University of Canterbury*.
- Faizal, H.M., Shafiq, M., M. Nazri. Rahman, M.M., Syahrullail, S., Latiff, Z. A., 2016. *Development of Palm Biomass Briquettes with Polyethylene Plastic Waste Addition. Jurnal Teknologi*. 78(9): 69-75.
- Heny, A.M., Iskandar, T., Wandal, S.K., Diah, D.T. 2018. Optimalisasi Proses Karbonisasi Limbah Plastik Menggunakan Teknologi Teknologi Pirolisis Menjadi Briket Arang (*Briquette Charcoal*). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*. 3(2): 128-136.
- Jahiding, M., Hasan, E.S., Gangganora, A.S. 2014. Pengembangan Briket Batubara Muda (Brown Coal) sebagai Bahan Bakar Alternatif Berkalori Tinggi. *Jurnal Aplikasi Fisika*. 10(1):1-10.
- Jamradloedluka, J. dan Lertsatitthanakornb, C. 2014. *Characterization and Utilization of Char Derived from Fast*

- Pyrolysis of Plastic Wastes. Procedia Engineering.* 69: 1437-1442.
- Jaya, D. 2017. *Dewatering Batubara Jorong, Kalimantan Selatan Dengan Menggunakan Minyak Goreng Bekas Dan Minyak Tanah.* Jurnal Eksergi. 14(2): 95-40.
- Kumar, R.A, R., Srinivasan, S., Varshini, M. and Shetty, A. S. D., 2018. *A Study on Diesel Engine Using Waste Cooking Oil with Biotic Additive.* IOP Conf: *Material Science and Engineering.* (376) 1-9.
- Kyaw, K.T., Su, C., dan Hmwe, S. 2015. *Effect of Various Catalysts on Fuel Oil Pyrolysis Process of Mixed Plastic Wastes.* International Journal of Advances in Engineering & Technology, 8(5), 794-802.
- Lopez, A. Caballero, B.M., Laresgoiti, M.F., Adrados, A. 2010. *Pyrolysis of Municipal Plastic Wastes: Influence of Raw Material Composition.* Waste Management Journal. 30:620-627.
- Maris, G.Y. 2019. Hubungan Kadar *Inherent Moisture* terhadap Nilai Kalori Batubara. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan.* 3(1): 26-28
- Mulyono, N., Wijaya, C.H., Fardiaz, D., dan Rahayu, W.S. 2012. Identifikasi Komponen Kimia Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) dengan Metode Pirolisis-GC/MS. *Jurnal Natur Indonesia.* 14(2): 155-159.
- Napitupulu, R. 2020. *The Effect of Used Lubricating Oil Volume as a Binder on the Characteristics of Briquettes Made from Corn Cob and Coconut Shell.* IOP Conference Series: *Material, Science and Engineering.* 725:1-4.
- Nursani, R., Handayani, N.E., dan Bahrin, D. 2020. Pengaruh Temperatur pada Proses *Upgrading Brown Coal* dengan Penambahan Minyak Jelantah. *Jurnal Pertambangan.* 4(3): 158-162.
- Putri, R., dan Fadhilah. 2020. Peningkatan Kualitas Batubara Low Calorie Menggunakan Minyak Pelumas Bekas Melalui Proses *Upgrading Brown Coal.* *Jurnal Bina Tambang.* Vol 5(2): 208-217.
- Saptoadi, H. 2016. Combustion Char from Combustion Plastic Wastes Pyrolysis. *Proceedings of the 3rd AUN/SEED-NET Regional Conference on Energy Engineering and the 7th International Conference on Thermofluids (RCEnE/THERMOFLUID 2015)* AIP Conf. Proc. (1737): 1-8.
- Selpiana, Setiawan, M., dan Rahmana, I. 2016. Pengaruh Rasio Perekat Damar dan Ukuran Serbuk Arang pada Biobriket Cangkang Biji Karet dan LDPE. *Prosiding Seminar Nasional AVOER 8.* 635-644.
- Selpiana et al 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **298** 012013, doi: 10.1088/1755-1315/298/1/012013.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 01-6253-2000, Syarat Mutu Bahan Bakar Padat.
- Sutoyo dan Rosyidi, M.I. 2014. Optimasi Kualitas Pembakaran Briket Char Produk *Pyrolysis* Limbah Plastik Melalui Pengkajian Ultimate Dan Efek Porositas. *Simpodium Nasional Rapi XIII.* 1412-9612
- Wicaksono, M.A. dan Arijanto. 2017. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PET (*Poly Ethilene Perephthalathe*) menggunakan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin,* 5(1), 9-15.